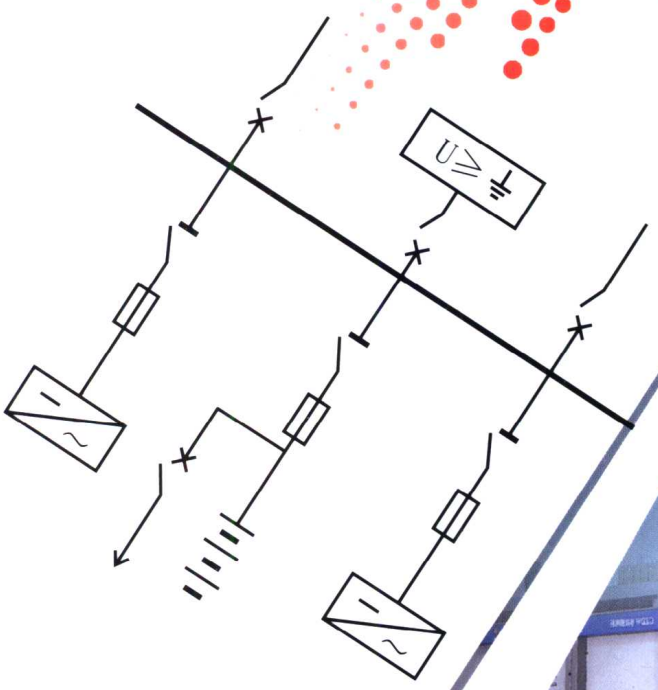


现代电力工程直流系统

白忠敏 於崇干 刘百震 韩天行 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

现代电力工程直流系统

白忠敏 於崇干 刘百震 韩天行 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《电力工程直流系统设计手册》的续篇。

根据近年来技术的发展和某些问题新的认识,本书在内容上做了大量的补充。全书共分八章,即直流系统接线、阀控式密封铅酸蓄电池、相控整流电源、高频开关整流电源、直流电源监控系统、直流设备选择计算、电磁兼容和直流电源设备试验等。

本书可供电力设计制造部门、电力系统和供配电系统以及电力系统以外有关部门的设计人员阅读,也可供从事电力生产现场试验、运行和检修工作的技术人员和工人阅读,对大专院校有关专业的师生也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

现代电力工程直流系统/白忠敏等编著. —北京: 中国
电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1465-4

I. 现… II. 白… III. 电力工程-直流系统 IV. TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 023738 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 9 月第一版 2003 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 18.25 印张 410 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



前言

在大机组、超高压的现代大型电力工程以及现代城网建设工程中，其直流电源系统的品质，对保证安全运行有十分重要的影响。因此，其直流电源系统，都力求有完善的设计，使用优质的设备，并必须做到精心维护。

要达到这一要求，不论工程设计、设备制造和生产维护工作者，都需要对直流系统的技术理论、设备性能和生产要求有比较全面的和深入的了解。作者在《电力工程直流系统设计手册》一书中，已详细阐述和介绍过这方面的知识和有关资料。该书于1999年出版后，得到广大读者的肯定，而且至今该书仍未失去时效。

但是，自1999年以来，随着电力建设事业的发展，在工程实践中，人们对直流电源系统的某些问题，又有了一些新的认识。某些系统和设备，在技术上也有了一些新的发展。作者撰写本书的目的，就是要阐述和介绍这些新的认识和发展。

本书的内容，侧重于现代大型电力工程的直流系统，同时，也考虑了与《电力工程直流系统设计手册》一书的衔接。因此，本书也可看作是《电力工程直流系统设计手册》一书的续篇。

本书在系统接线方面，反映了当前力求简化和可靠的动向。在蓄电池容量选择计算方面，对电流法和容量法进行了分析比较，并提出了一种简化算法供读者讨论和参考。对于作为新型充电电源的高频开关整流装置，做了详细的阐述和介绍。对蓄电池和监控设备的新发展，也做了相应的介绍。

对于现代直流设备产生的干扰源，以及这些设备承受外来干扰能力的问题，在工程建设中已受到普遍重视，本书对直流设备的电磁干扰和抗干扰的电磁兼容技术，做了比较详细的阐述。

必要的试验检查，是保证产品质量不可缺少的手段。设计、制造和维护各方面都关心这一课题。所以本书对直流设备试验检查的项目、方法和要求，做了详细介绍。

本书共8章。第1、3、4章由白忠敏编写，第2章由于崇干编写，第5、6章由白忠敏、于崇干、刘百震共同编写，第7、8章由韩天行编写。全书由白忠敏策划和统稿。侯炳蕴对全书进行了审校。

本书在编写过程中，郭亚莉、单乐友、陈志蓉等同志给予了热情的支持和帮助，在此一并致谢！

作者

2002年8月1日

WZJ-200直流系统微机监控装置、直流成套装置

WZJ-200微机监控装置主要功能特点:

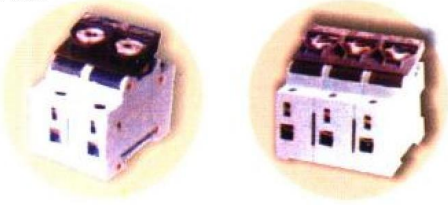
- 系统采用双16位CPU并列运行, 实时性好, 工作稳定可靠;
 - 采用10.4"彩色液晶显示器, 全汉化显示, 画面清晰, 内容丰富;
 - 全部操作采用触摸式, 方便直观, 功能强大;
 - 系统整合了充电机管理、电池管理、绝缘检测及模拟量, 数字量输入输出;
 - 配备RS232、485通信接口, 可进行远程监视和控制, 真正做到四遥;
- 直流成套装置配置灵活, 功能齐全, 可最大限度满足用户的需求。



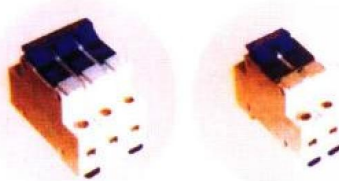
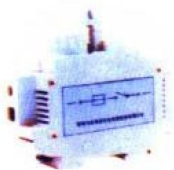
KSF2-63D KSF4-100 熔断器式隔离开关

KSF2-63D熔断器式隔离开关主要结构及特点:

- 内部接触件均为铜镀银, 所有触点均为新型银合金材料;
- 加强灭弧机构, 可以直接断开直流负载;
- 设有机械联锁装置, 只有当熔断体与开关接触良好时才能合上开关, 在开关断开时, 才能更换熔断体;
- 开关机构为快速断开, 时间小于30毫秒;
- 配有辅助触点, 可提供上位位置信号, 并有熔断报警信号输出功能。



KSF2-63



KSF4-100系列熔断器式隔离开关

KSF3-63系列隔离开关

电厂、电站综合自动化系统

本公司与美国SEL等国内外知名厂家合作, 设计制造适用于各种电厂、电站的微机继电保护屏、综合自动化设备, 满足用户各种需求。



WPK微机继电保护控制装置

各类大容量接线端子、分线器安全可靠, 接线灵活。



JF6系列接线端子(分线器)



地址: 常州市常锡路东181号
邮编: 213018
电话: 0519-8774335

常州市科海自动化电器设备有限公司



目 录

前言

第 1 章 直流系统接线	1
第一节 直流系统接线原则方案	1
第二节 直流系统馈电网络设计	7
第三节 设备配置	9
第 2 章 阀控式密封铅酸蓄电池	11
第一节 充电特性	11
第二节 放电特性及放电试验	19
第三节 放电特性曲线及容量换算系数	23
第 3 章 相控整流电源	27
第一节 整流电源分类	27
第二节 相控整流电源基本构成及其主要参数	27
第三节 晶闸管的基本特性	32
第四节 晶闸管基本整流电路	35
第五节 相控整流电路的比较	47
第六节 晶闸管触发电路	49
第七节 相控整流电路存在的问题	50
第八节 相控整流装置产品简介	51
第 4 章 高频开关整流电源	55
第一节 高频开关电源的基本分类及构成	55

第二节	高频开关管及其应用	59
第三节	DC/DC 变换器的基本电路	64
第四节	谐振型直流变换器	69
第五节	功率因数校正与滤波	72
第六节	控制电路与驱动电路	76
第七节	直流斩波器	77
第八节	电力工程对高频开关整流模块的基本技术要求	80
第九节	高频开关整流模块产品简介	86
第 5 章 直流电源监控系统		99
第一节	概论	99
第二节	各级监控的功能	101
第三节	I/O 接口及参数整定	108
第四节	绝缘检测和电压监察装置	113
第五节	常测仪表配置	115
第六节	监控装置产品介绍	115
第七节	绝缘监测装置产品介绍	121
第 6 章 直流设备选择计算		127
第一节	直流设备选择的计算内容和原始数据	127
第二节	直流负荷统计	128
第三节	蓄电池容量选择计算	130
第四节	蓄电池放电电压水平计算 (放电终止电压的确定)	142
第五节	直流操作和保护电器的配置	144
第六节	电流法的简化	170
第 7 章 电磁兼容		179
第一节	电磁兼容的基本概念	179
第二节	电磁干扰	180
第三节	电磁干扰的抑制方法	187
第四节	电源的骚扰及其抑制方法	191

第 8 章 直流电源设备试验	196
第一节 试验的目的及要求	196
第二节 试验项目及内容	196
第三节 试验条件	198
第四节 试验方法	199
附录 A 双登 GFM 系列阀控式密封电池主要技术数据	254
附录 B 汤浅 UXL 系列阀控密封蓄电池主要技术数据	262
附录 C 直流电源设备订货技术条件	266

第1章

直流系统接线 直流系统接线

第一节 直流系统接线原则方案

1.1 接线基本原则

直流系统接线的基本原则是安全可靠、简单清晰、操作方便，任何运行方式下，除接线设计上允许外，蓄电池不能与直流母线解列。

为实现基本原则，直流母线采用单母线或单母线分段接线，尽量避免因接线复杂造成运行、操作事故。

为保证系统接线的可靠性，直流电源设备的选型和接线、直流屏结构应满足如下要求。

- (1) 蓄电池不设端电池，整流器不设电压调节装置。
- (2) 蓄电池和整流器应安全可靠，免维护或少维护，更换方便、自动化程度高。
- (3) 操作、保护电器应性能良好，动作可靠、操作方便。
- (4) 直流屏采用单元独立、固定分隔、最大限度减少各单元之间的干扰和影响。

1.2 直流系统接线方案

直流系统接线应根据电力工程的规模和电源系统的容量确定。按照各类容量的发电厂和各种电压等级的变电所的要求，直流系统有7种接线方案，其接线图、特点和适用范围简介如下。

(一) 1组电池，1套充电装置，单母线接线

- (1) 接线图。如图 1-1 所示。
- (2) 特点。
 - 1) 接线简单、清晰、可靠。
 - 2) 1套整流器接至直流母线上，所以浮充电、均衡充电以及核对性充放电都必须通过直流母线进行，当蓄电池要求定期进行核对性充放电或均衡充电而充电电压较高，无法满足直流负荷要求时，不能采用这种接线。
- (3) 适用范围。

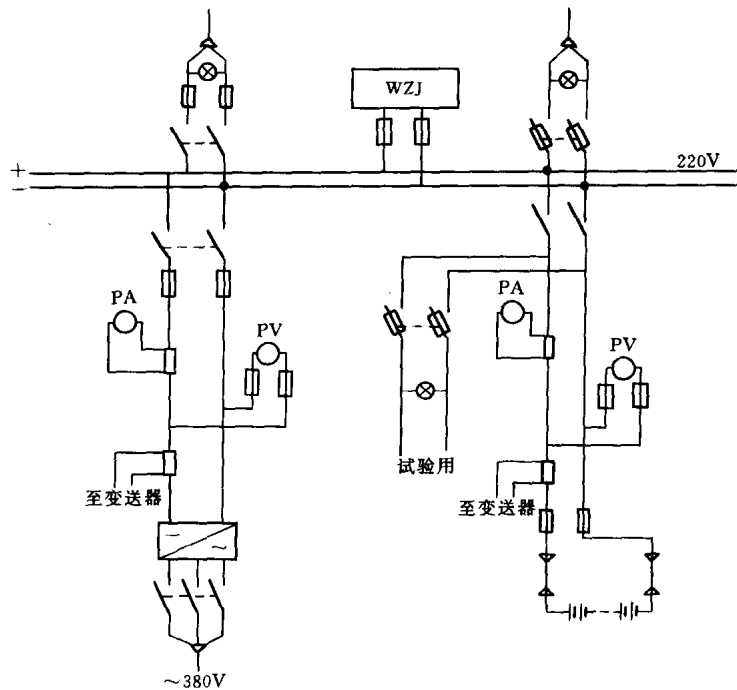


图 1-1 1组电池、1套整流器单母线接线

1) 适用于 110kV 以下小型变（配）电变电所和小容量发电厂，以及大容量发电厂中某些辅助车间。

2) 对电压波动范围要求不严格的直流负荷，不要求进行核对性充放电和均衡充电电压较低，能满足直流负荷要求的阀控式密封铅酸蓄电池组。

(二) 1组电池、2套充电装置、单母线接线

(1) 接线图。如图 1-2 所示。

(2) 特点。

1) 接线清晰，采用 2 套整流器互为备用，可靠性高于 1 套整流器接线。

2) 由于 1 组蓄电池，任何情况下，不能与母线解列，故浮充、均充、核对性充放电等各种运行方式下，均需通过直流主母线进行。当直流负荷对电压要求严格或蓄电池充电电压较高时，运行方式和工作状态受到限制。

(3) 适用范围。

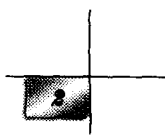
1) 适用于 110kV 及以下的小型变（配）电所和小容量发电厂，以及大容量发电厂中的某些辅助车间。

2) 对电压波动范围要求不严格的直流负荷。

3) 不要求进行核对性充放电和均衡充电电压较低的蓄电池，如阀控式密封铅酸蓄电池。

(三) 1组电池、2套整流器，单母线分段接线

(1) 接线图。如图 1-3 所示。



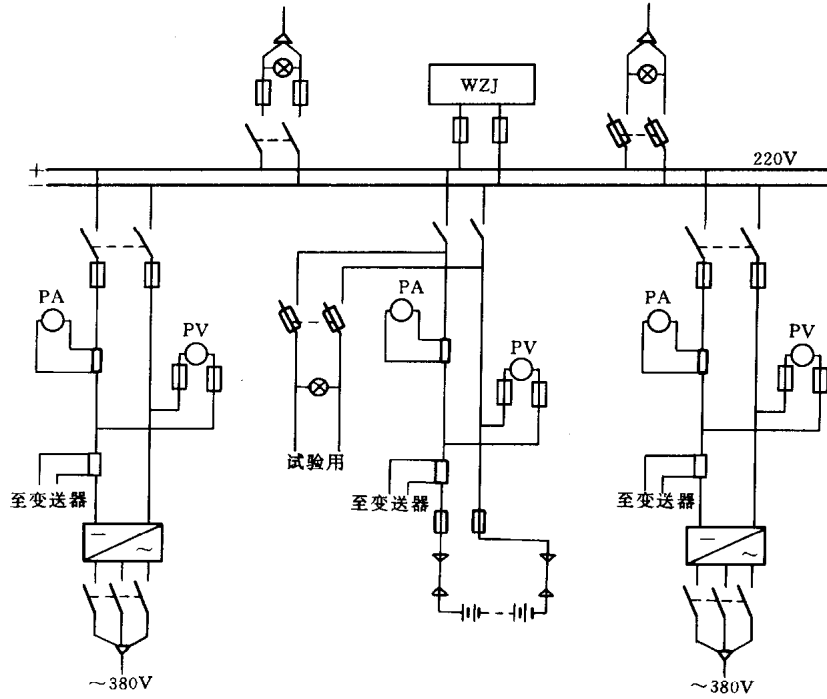


图 1-2 1组蓄电池、2套整流器单母线接线

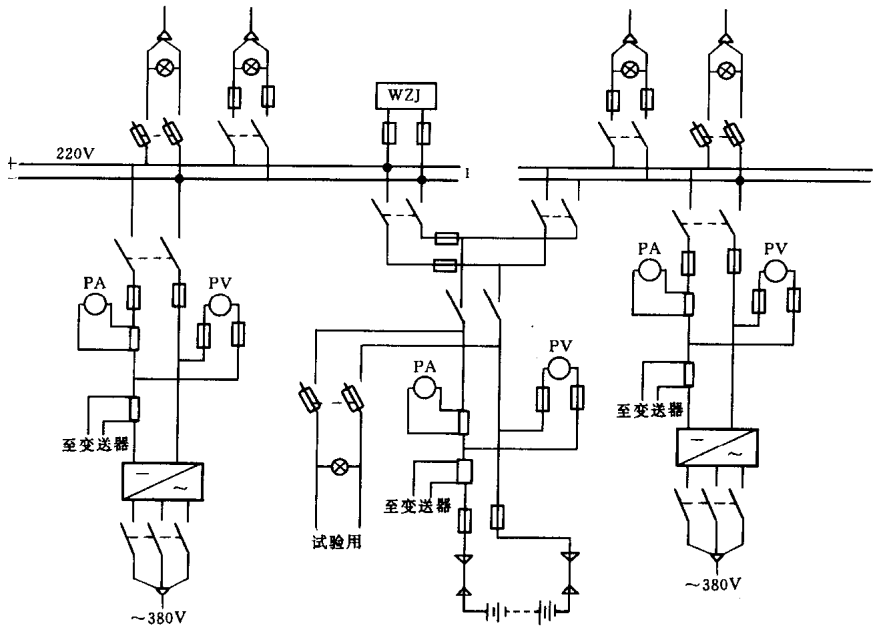


图 1-3 1组蓄电池、2套整流器、单母线分段接线

(2) 特点。

1) 蓄电池经分段开关接至两段母线，2套整流器分别接至2段母线。

- 2) 分段开关设保护元件, 限制故障范围, 提高安全可靠。
- 3) 具有 1 组蓄电池的固有特点, 使直流母线电压高于负荷允许范围的运行方式受到限制。

(3) 适用范围。

- 1) 适用于 220kV 及以下的中、小型变(配)电所和小容量发电厂。
- 2) 同(二)(3)中 2)、3)。

(四) 2 组电池、2 套整流器、单母线分段接线

(1) 接线图。如图 1-4 所示。

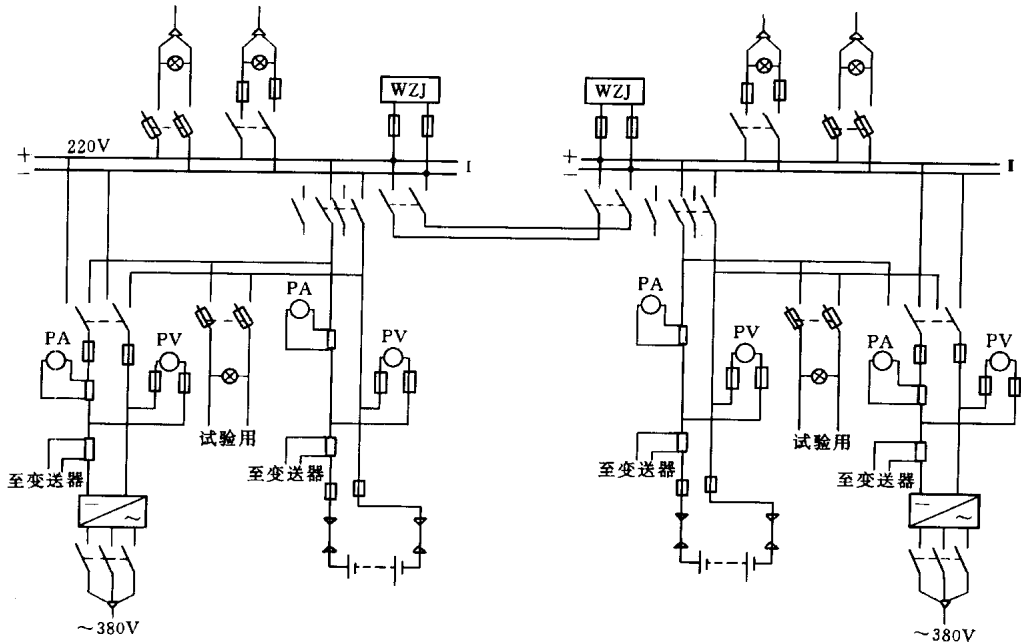


图 1-4 2 组蓄电池、2 套整流器、单母线分段接线

(2) 特点。

- 1) 整个系统由 2 套单电源配置和单母线接线组成, 两段母线间设分段隔离开关, 正常两套电源各自独立运行, 安全可靠。
- 2) 与 1 组电池配置不同, 充电装置采用浮充、均充、需要时采用核对充放电的双向接线方式, 运行灵活性高。
- 3) 充电装置容量的选择要考虑一段母线的经常负荷和 1 组电池的均衡充电要求, 并满足两段母线的经常负荷和 1 组电池的浮充电要求。

4) 整流模块按 $N+1$ (或 $N+2$) 冗余配置。

(3) 适用范围。

- 1) 适用于 500kV 及以下大、中型变电所和大、中型容量的发电厂。
- 2) 负荷对母线电压的要求和对运行方式的要求不受限制。

(五) 2 组蓄电池、3 套整流器、单母线分段、备用充电、浮充电接线

(1) 接线图如图 1-5 所示。

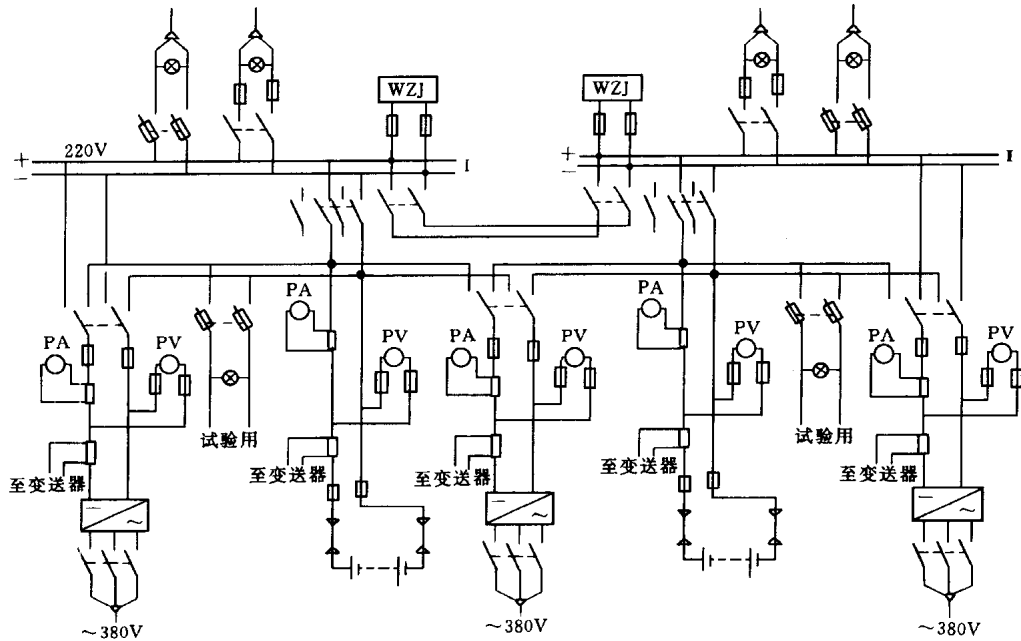


图 1-5 2 组蓄电池、3 套整流器、备用充电、浮充电接线

(2) 特点。

1) 整个系统由 2 组电池、3 套整流器组成，单母线分段接线。备用整流器采用充电、浮充电兼备的接线，运行方式灵活，可靠性高于图 1-4 所示的接线方式。

2) 整流器容量按照 1 组蓄电池均充电和 2 段母线经常负荷加 1 组电池浮充电两种工况计算，取二者的大值，3 套整流器容量相同。

(3) 适用范围。

- 1) 适用于 500kV 大型变电所和大容量发电厂。
- 2) 适用于对母线电压有任何要求的负荷和任何类型的蓄电池。

(六) 2 组蓄电池、3 套整流器、单母线分段、备用浮充电接线

(1) 接线图如图 1-6 所示。

(2) 特点。

- 1) 电源配置、母线接线与图 1-5 基本相同。
- 2) 一般情况下，备用整流器仅能作为浮充电方式运行。当经常负荷大于蓄电池均充电负荷时，备用浮充电整流器可兼作均充电用，但电压波动大时，该运行方式受限制。

3) 主整流器的容量同 (五) 的选择原则，备用整流器按 2 段母线经常负荷加 1 组电池浮充电选择。整流器可不考虑 $N+1$ (或 $N+2$) 冗余配置。

4) 当均充电容量大于经常负荷时。这种接线简称为“二大一小”方案，即 2 台较大容量的均充电整流器、1 台较小容量的备用浮充电整流器。正常情况 2 台大整流器作浮充电运行。当该整流器因故障退出时，备用浮充电投入运行。

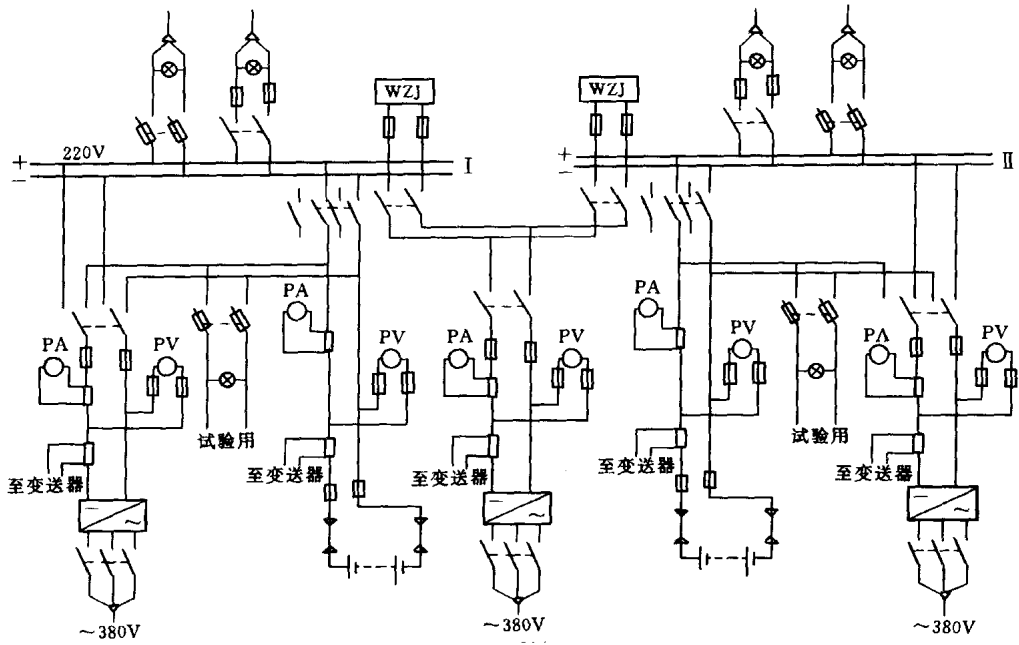


图 1-6 2组蓄电池、3套整流器、备用浮充电接线

(3) 适用范围。与(五)的适用范围相同。

(七) 2组蓄电池、3套整流器、单母线分段、备用充电接线

(1) 接线图如图 1-7 所示。

(2) 特点。

1) 电源配置、母线接线与图 1-5 基本相同。

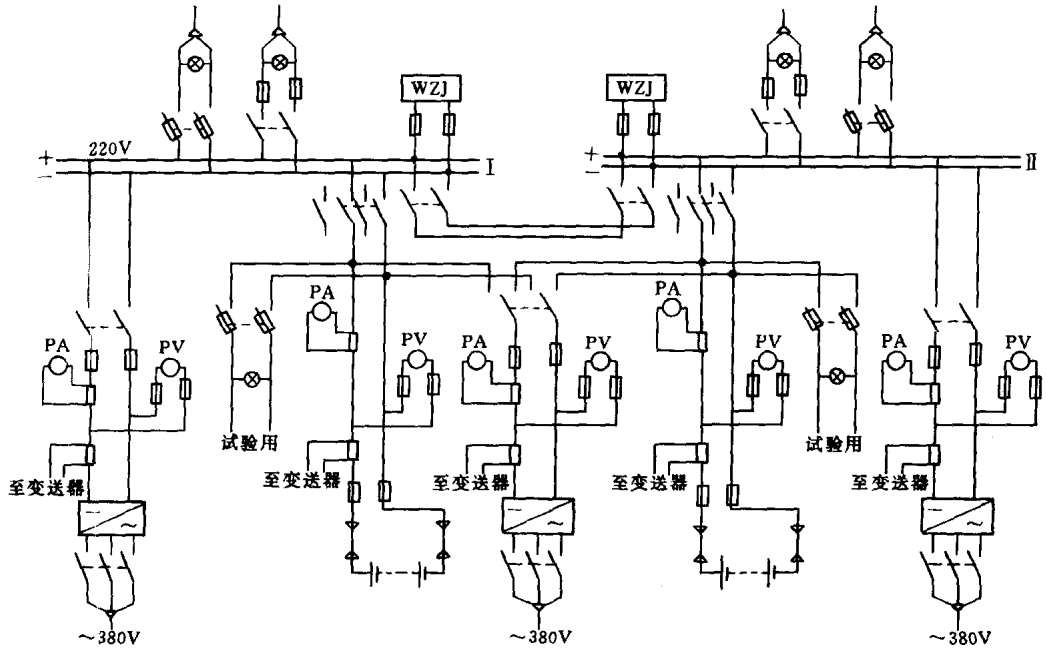


图 1-7 2组蓄电池、3套整流器、备用充电接线

2) 主整流器作为正常浮充电用, 备用整流器作均充电用, 也可用作浮充电整流器的备用。

3) 主整流器的容量按 2 段直流母线的经常负荷加 1 组蓄电池的浮充电容量计算, 备用整流器按 1 组电池均充电容量计算。这种接线简称为“二小一大”方案

4) 该接线方案的可靠性与灵活性基本上与 (五) 的方案相同。经济性却优于 (五) 和 (六) 的方案。

(3) 适用范围。与 (五) 的适用范围相同。

第二节 直流系统馈电网络设计

直流系统馈电网络有两种供电方式: 辐射供电和环形供电。为了提高直流馈电的可靠性, 一般采用辐射供电方式。

2.1 辐射供电网络

辐射供电网络, 是以电源点, 即直流屏上的直流母线为中心, 直接向各用电负荷供电的一种方式。

(一) 辐射供电方式的优点

(1) 减少了干扰源 (主要是感应耦合和电容耦合)。

(2) 一个设备或系统由 1~2 条馈线直接供电, 当设备检修或调试时, 可方便地退出, 不致影响其他设备。

(3) 便于寻找接地故障点。

(4) 对用电设备而言, 电缆的长度较短, 压降较小。

(二) 辐射供电方式的缺点

馈线数量增加, 电缆总长度增加, 甚至还可能使直流主屏数量增加。

2.2 辐射供电网络配置的基本原则

(一) 设置直流分电屏的原则

为减少电缆用量和避免增加直流主屏的数量, 在负荷较多且分布较集中的地方, 宜设置直流分电屏, 由直流分电屏向其附近的各个负荷供电。例如, 在发电厂的厂用配电间、采用保护装置下放布置的变电所的保护装置间以及控制、信号、保护装置集中布置的控制室等处可设置直流分电屏。

(二) 设置独立的直流供电回路的要求

(1) 信号装置单独设置直流供电回路。

(2) 具有双重跳闸线圈和双重化保护装置的电气元件, 设置两组直流电源时, 应由独立的回路分别给两套保护装置供电。

(3) 对于具有几个绕组的变压器, 应配置 $N+1$ (或 $N+2$) 回直流回路, 分别供电给公共保护 (如差动、瓦斯、温度等) 和每个绕组的控制、操作及其后备保护。

(4) 对于发电机或发电机-变压器组，应对主保护、后备保护、异常运行保护以及励磁设备，配置二回或三回直流回路。

(5) 不同的直流回路应接于设总熔断器的直流母线段上。

2.3 分层辐射和集中辐射

辐射供电网络又可分为分层辐射和集中辐射两种，分层辐射网络适用于规模较大，系统较复杂的直流系统。如图 1-8、图 1-9 所示。

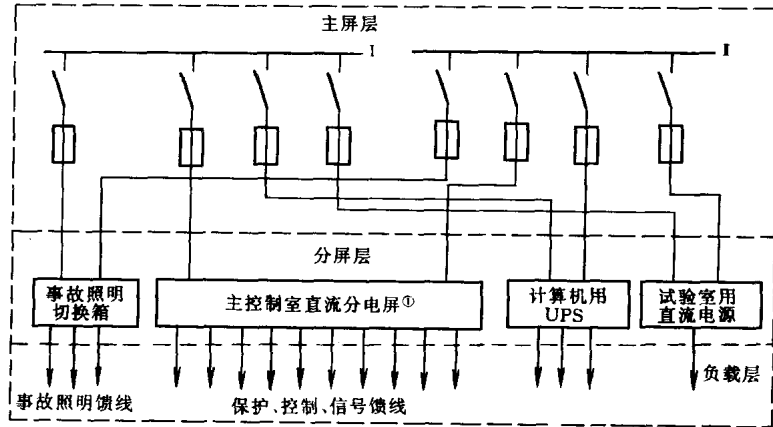


图 1-8 变电所直流供电网络图

注：当直流主屏布置在控制室或变电所的规模较小时，也可不设直流分屏

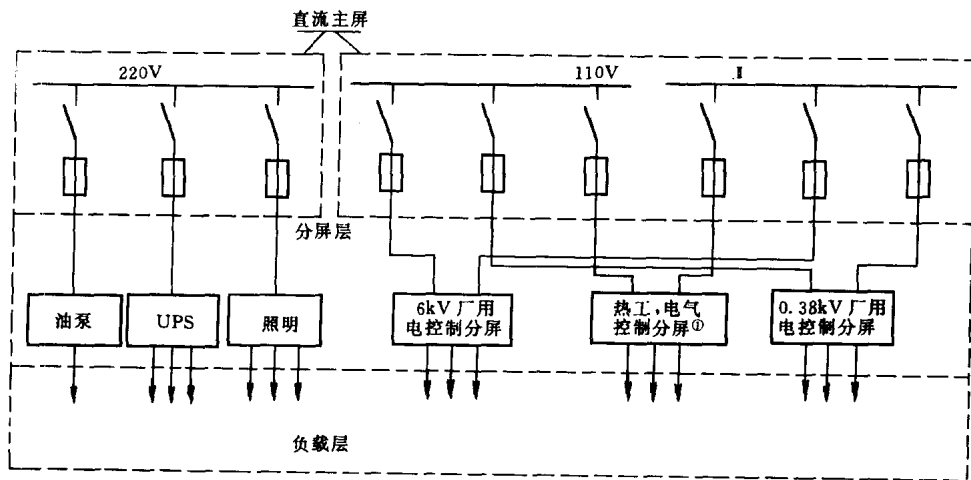


图 1-9 发电厂直流供电网络图

注：当集控室控制回路较少时，也可不设控制分屏

集中辐射网络适用于规模较小的直流系统，如图 1-10 所示。

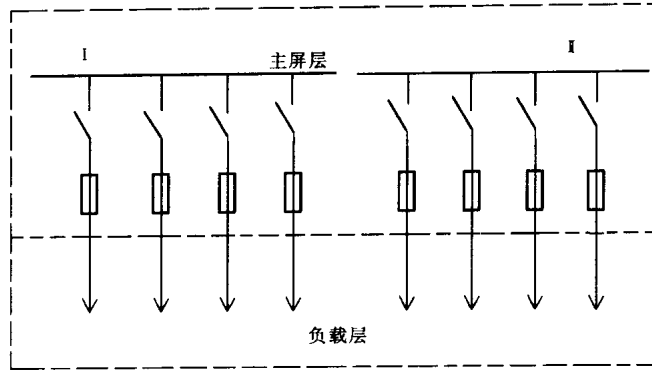


图 1-10 小容量变电所直流供电网络

第三节 设 备 配 置

直流系统开关和保护设备可按以下方式配置（图 1-11 所示）。

(1) 整个直流系统全部配置隔离开关和熔断器，其中隔离开关为隔离操作电器，熔断器为保护电器。如图 1-11 中 (a)。

(2) 整个直流系统全部配置直流断路器。如图 1-11 中 (c)。

(3) 电源回路（蓄电池回路和整流器回路）采用隔离开关加熔断器，负载馈线回路采用直流断路器。如图 1-11 中 (b)。

无论采用何种电路，都应保证上下级保护电器间具有可靠的选择性。

蓄电池回路和充电装置回路开关、保护设备的选择可参考表 1-1 和表 1-2。

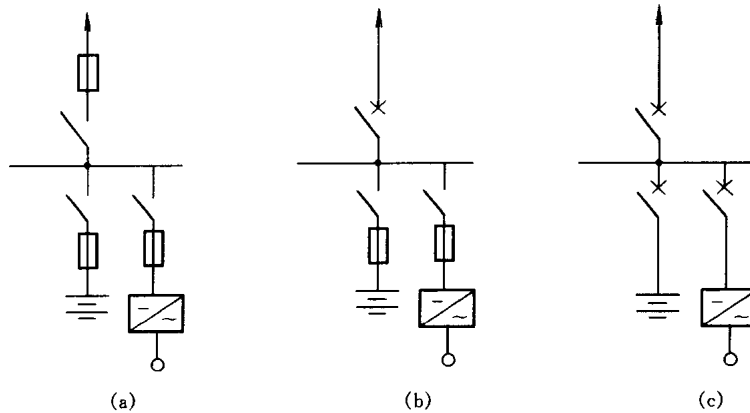


图 1-11 直流操作、保护设备装置